

自動オフラインティーチングシステムを用いた 船体ブロック溶接ロボットの実用化

Practical Use of the Hull Block Welding Robots
applying the Automatic Off-line Teaching System



井上 彰*¹
Akira Inoue

三森 裕司*²
Yuji Mimori

井手内 茂徳*¹
Shigenori Ideuchi

辻井 浩*³
Hiroshi Tsujii

本田 道春*⁴
Michiharu Honda

造船現場における熟練作業者の技能伝承は大きな課題になっており、溶接技能に頼らない、省人化技術での生産性確保の必要性もさらに高まってきている。その一つの手段として溶接作業のロボット化があるが、造船現場においてそれを実現するためには、多種多様な溶接対象に即応した溶接ロボット用ジョブデータをいかに簡単に早く正確に作成できるかに左右される。当社では造船 3D-CAD MATES (Mitsubishi Advanced Total Engineering system of Ships) で生成した 3D モデルから溶接ロボット用ジョブデータを生成する自動オフラインティーチングシステムを開発し、溶接ロボットシステムとして造船現場への適用を成功させたのでこれを紹介する。

1. はじめに

造船現場における溶接ロボット適用では、溶接ロボットを稼働させるジョブデータの作成が課題とされてきた。造船現場は、一つのジョブデータで同じワークを繰り返し処理する量産品の工場とは異なり、多種多様な形状からなるワークを処理する必要がある。これらのジョブデータを一つ一つ手作業で生成しては、生産タクトタイムに合わず、実用化できないためである。

しかしながら昨今は設計 CAD 技術が発達し、当社でも平成 17 年より、3D モデルを中核に据えた IT 活用による設計・生産プロセス変革に取り組んでいる。そこで今回、MATES で構築した船殻 3D モデルを用い、溶接ロボット用ジョブデータを自動で作成する自動オフラインティーチングシステムを開発し造船現場への溶接ロボット適用を図った。

2. 自動オフラインティーチングシステムの開発

2.1 MATES

造船部門における 3D 設計の取組みは古く、1980 年代に造船用 3D-CAD MATES を自社開発し、実船への適用を通じながら現在も機能改良を継続しており、基本設計から生産設計までをカバーする実用性の高い造船システムとなっている(図1)。

MATES で生成された設計 3D モデルは、製品情報モデル(データの幹)として、造船用 3D Viewer、鋼板用プリンタ(NC 印字装置)及び各種 FA 装置用のデータとして、広く造船現場でも活用されている。今回の溶接ロボットに関しても、この設計 3D モデルを基に、溶接ロボット用ジョブデータが生成される。

*1 船舶・海洋事業本部香焼船海工作部

*2 船舶・海洋事業本部船海技術総括部 船海生産設計部

*3 船舶・海洋事業本部香焼船海工作部 主席チーム統括

*4 船舶・海洋事業本部香焼船海工作部 次長



図1 造船 3D-CAD MATES の概要

2.2 適用ステージ

今回導入した溶接ロボットの適用ステージは、船体中央部の平板大組ブロックにおける溶接工程とした(図2)。船体中央部の平板大組は、ロンジ(縦骨)材とトランス(横骨)材が直角・平行に並んだ構造をしており、船種が変わった場合でもトランス材スロット部構造の変化が少なく、自動化に向いているといえる。さらにこのステージは、ロンジ・トランス材に囲まれた狭い箇所での溶接作業となり作業性が悪く、溶接姿勢も下向き・立向き・上向きと様々であり技量的にも難しく、多くの溶接作業者が配置されている。また、この平板ブロック工場は、船殻組立作業で、最も作業量が多いステージでもあり、このステージへのロボット適用は人員削減による大きな効果が見込める。

以上の理由から、このステージでの溶接ロボット導入を決定した。



図2 溶接ロボット適用対象 スロット部の代表例

2.3 溶接ロボット用ジョブデータ生成の流れ

図3に溶接ロボット用ジョブデータ生成のフロー図を示す。

MATES では、大組ブロック単位に 3D モデル(ソリッドモデル:PalaSolid 形式)及び溶接線データが生成される。この 3D モデルは、単に 3D 形状を持つだけでなく、板厚や材質はもちろんロンジスカントリングやスロットパラメータ等の属性を格納した造船専用のソリッドモデルとなっている。

自動オフラインティーチングシステムでは、溶接線データから溶接ロボットの対象となるスロット部周りの溶接線を抽出し、その溶接線に対応したロボット姿勢、溶接条件を決定後、ロンジ・トランス材で囲まれる空間(間と称す)ごとに溶接ロボット用ジョブデータが出力される。間は、船殻ブロックに設置された溶接ロボットが一度に溶接できる範囲である。

また、市販の溶接ロボットシミュレーションソフトとの連携も可能であり、部材と溶接ロボットの干渉が懸念される狭隘箇所に関しては、事前に動作確認を行うことで溶接ロボットのチョコ停*や故障を未然に防ぐことができる。

*チョコ停: 本格的な故障ではなく、一時的なトラブルのために設備が停止したり、空転したりする状態

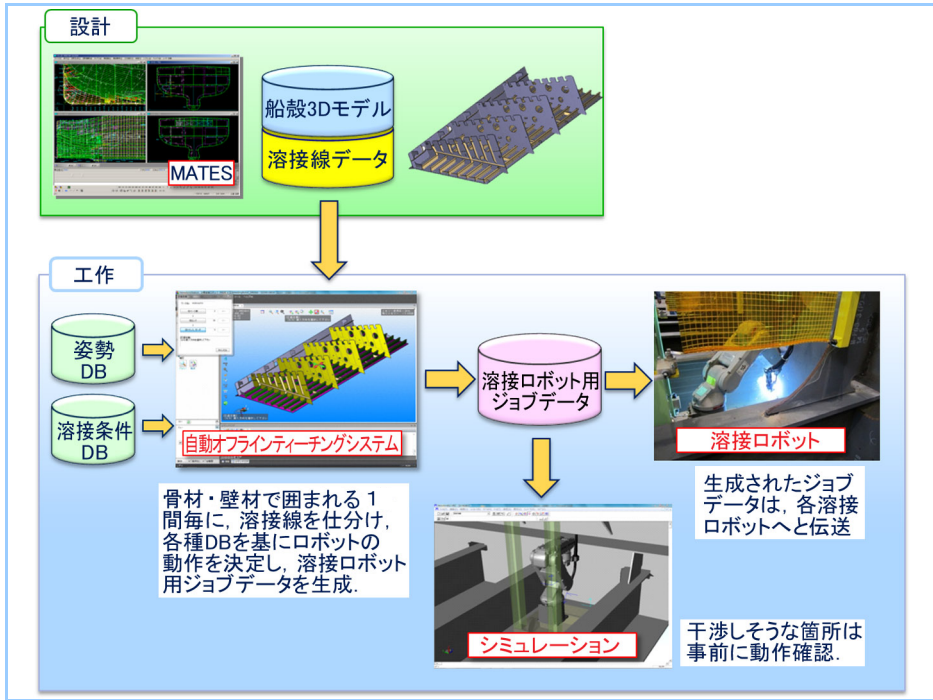


図3 溶接ロボット用ジョブデータ生成のフロー

2.4 自動オフラインティーチングシステム

今回開発した自動オフラインティーチングシステムは、MATESの3Dモデルと各種データベースを基に、最適なロボット動作と溶接条件を決定し溶接ロボット用ジョブデータを生成するシステムである。

MATESから取り込んだ船殻3Dモデルと溶接線データから、溶接ロボットの作業対象となるスロット部周りの溶接線を抽出し、それらを間(1台の溶接ロボットが処理できる範囲)ごとにグルーピングする。次に、グルーピングされた溶接線を図4に示す様なパターンに分類し、それらを基に最も効率の良い溶接経路(溶接順序)を自動決定する。最後に、その溶接経路と周辺の船殻構造を考慮した最適なロボット動作を姿勢データベースから求め、溶接ロボット用ジョブデータを出力する。溶接条件に関しても、溶接試験から決定した溶接条件データベースを用意し、溶接脚長・溶接姿勢(上向き、下向き、横向き)・ギャップ量から最適な溶接条件を自動決定するロジックを用いている。

自動オフラインティーチングシステムの開発により、溶接ロボットの附帯作業であるジョブデータ生成作業を大幅に簡素化し、多種多様なワークが対象となる造船現場において溶接ロボットの適用を可能にした。

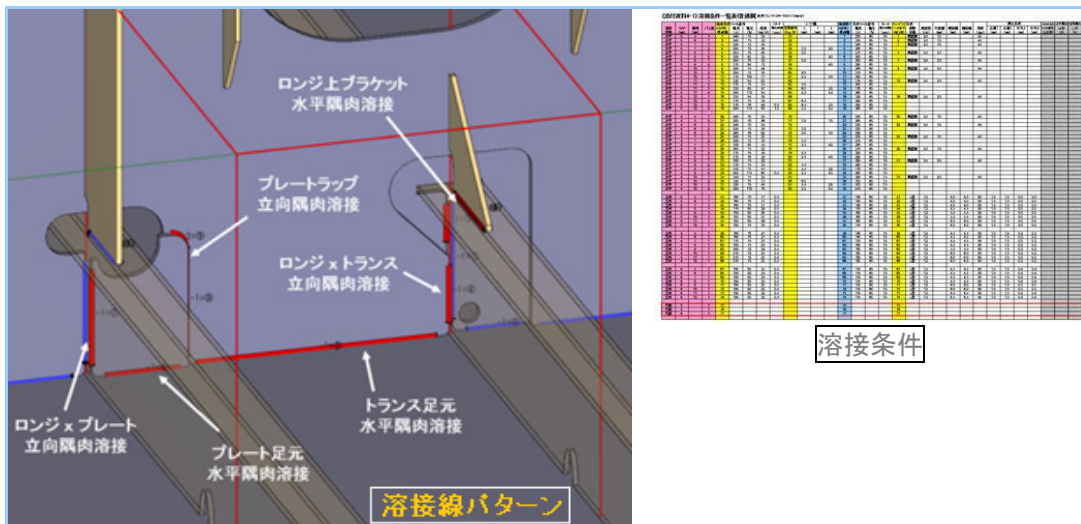


図4 自動オフラインティーチングシステム

3. 溶接ロボットシステムの導入

3.1 溶接装置の構成

当社で製作する船体中央部平板大組ブロックは最大で長さ 40m, 幅 20m のものがあり, このブロックにはトランスが8枚~9枚並んでおり, トランス1面で処理しなければならない溶接箇所は 20間になるものもある。そこで装置は位置決め機能を持ったハンドリング台車にロボットを搭載した簡易なものとし, 天井クレーンに吊り下げ使用する天吊り式で導入した。装置を簡易なものにすることでロボットの台数を増やし溶接効率を上げるためである。適用イメージを図5に示す。

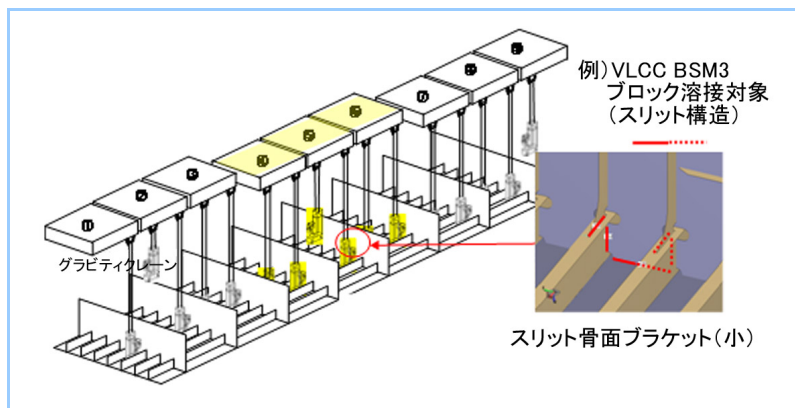


図5 溶接ロボット適用イメージ

ハンドリング台車は, 前後左右方向の位置決めを自動で行える機能を有する簡易軽量台車を適用, 約 50m の溶接ライン上に溶接ロボット 16 台を設置した。

このように, 装置を小型化, 位置決めを自動化とすることで, オペレーターの作業はクレーンを操作し, ロンジ間を移動させる, 溶接ロボットのペンダントで溶接対象箇所のデータを選択しスタートボタンを押す簡単な2つの作業で済み, ほぼ無監視での作業となっている。そのため, 1人で溶接ロボット8台を扱う高能率な作業を実現している。

3.2 タブレット端末を用いたデータ修正・伝送

実際に溶接ロボットによる作業を行う前に溶接ロボットオペレーターがオフラインティーチングソフトを用い溶接ジョブデータを作成, データを溶接ロボットへ伝送している。しかし, 実物のブロックを見てみると溶接対象部材の取付け状態が間ごとに異なる, 艀装品(パイプ, 梯子や手摺りなど)が取り付けられているためにロボットが干渉し溶接ができない箇所があるなど, 事前に作成した溶接ジョブデータとは異なる条件で施工しなければならない箇所がでてくる。この場合には, 図6に示すようにタブレット端末を使用し実物を見ながら, 溶接ジョブデータの編集を行い, 再伝送することでオペレーターは簡単に自由に施工条件を変更し作業を実施できるようになっている。



図6 タブレット端末を用いたデータ編集

4. 実船適用状況

本装置は、2012年2月の設備化以降2012年11月までVLCC(超大型油槽船)・LPG船・LNG船を中心に施工実績は120ブロック、溶接長40000mにおよび、スロット周りのすみ肉溶接作業を自動化したことで、それまで半自動溶接で施工していた箇所を先行化、工程進捗・溶接能率の向上が得られた(図7)。現在、LNG船の連続建造に継続適用中であり、溶接作業人員減による工数削減、溶接作業を自動化したことでこれまで作業者の技量差によって左右されていた溶接品質を一定かつ高品質なものとする事ができた。

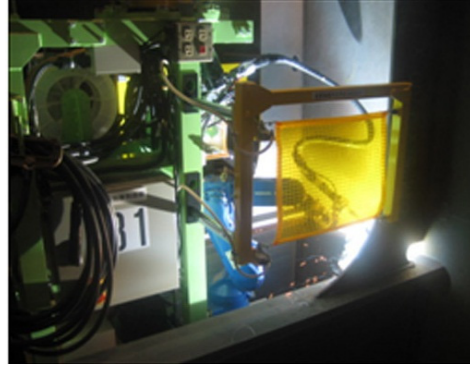


図7 溶接ロボット適用状況

5. まとめ

本稿では、造船現場のロボットティーチングノウハウを織り込んだ自動オフラインティーチングシステムと、それを使用した溶接ロボットの導入について紹介した。溶接ロボット用ジョブデータ生成時間の削減は、造船現場における溶接ロボット導入の大きな問題点であったが、今回のシステム開発により溶接ロボットの正味作業時間の割合が向上し、設備導入の真の効果をj得ることができた。

今回の取組みは、曲がり大組ブロックへのロボット適用など更なる造船現場へのロボット導入範囲拡大につながるものと考えられる。